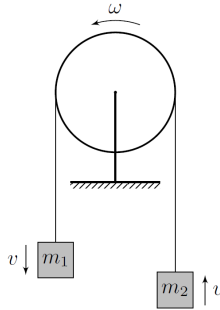


Задача №10-1. Эффективная масса

Метод №1 Обозначим за m_1 массу большего груза, а за m_2 — массу меньшего. В силу нерастяжимости нити модули скоростей и ускорений, с которыми движутся грузы, равны. Будем считать, что нить не проскальзывает по блоку, поэтому

$$v = \omega r. \quad (1)$$



Рассмотрим систему из блока и грузов. В ней сохраняется механическая энергия, так как трением в оси блока можно пренебречь. Выберем малый промежуток времени dt и, учитывая уравнение (1), запишем ЗСЭ:

$$\frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} + \frac{m_{\text{эфф}} v^2}{2} = \frac{m_1 (v + a dt)^2}{2} + \frac{m_2 (v + a dt)^2}{2} + \frac{m_{\text{эфф}} (v + a dt)^2}{2} + (m_2 - m_1) g v dt, \quad (1)$$

где a – это ускорение грузов. Пренебрегая вторым порядком малости, упростив выражение, получим:

$$(m_1 + m_2 + m_{\text{эфф}})a = (m_1 - m_2)g. \quad (2)$$

Проведем оценку того, при какой разнице масс m_1 и m_2 блок покоится. Например, когда $m_1 = m$, $m_2 = 2m_c$ (с одной стороны маленькая гайка, а с другой две скрепки) – блок покоится, а когда $m_1 = m + m_c$, $m_2 = m$ (с одной стороны маленькая гайка, а с другой только скрепка) – блок движется. Можно сделать вывод, что блок покоится при $|m_1 - m_2| < 0,4$ г. Теперь проведем следующий эксперимент: при разных m_1 и m_2 будем измерять время, за которое изначально покоящийся груз m_1 проходит расстояние L от края стола до пола.

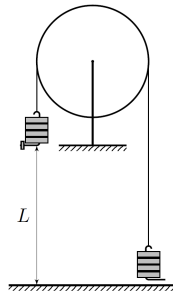
$$L = (72,9 \pm 0,2) \text{ см.}$$

Массы m_1 и m_2 можно изменять подвешивая гайки на скрепки, а значения найти по формулам:

$$m_1 = N_{16}M + N_{1м}m + m_c$$

$$m_2 = N_{26}M + m_c,$$

где N_{16} – количество больших гаек слева, $N_{1м}$ – количество маленьких гаек слева, N_{26} – количество больших гаек справа.



Возьмем $N_{16} = 1$, $N_{1м} = 1$, $N_{26} = 1$ и три раза измерим время, за которое изначально покоящийся груз m_1 проходит расстояние L .

$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$t_3, \text{ с}$
2,62	2,72	2,72

В силу того, что приборная погрешность измерения времени гораздо меньше случайной, в дальнейшем будем проводить по 3 измерения, а ускорение a считать по формуле:

$$a = 2 \frac{L}{\langle t \rangle^2},$$

где $\langle t \rangle$ — это среднее время, которое вычисляется следующим образом:

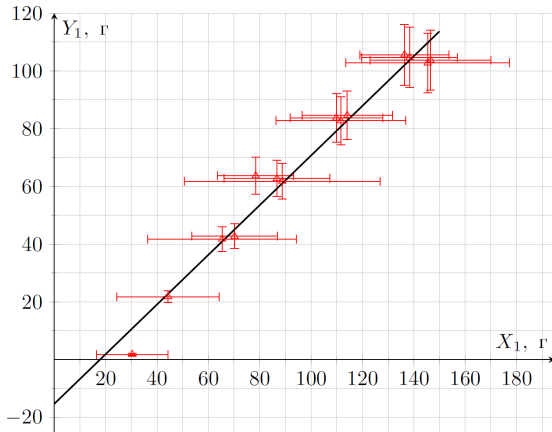
$$\langle t \rangle = \frac{1}{3} (t_1 + t_2 + t_3).$$

№	N_{16}	N_{1M}	N_{26}	t_1	t_1	t_1	$\langle t \rangle$	X_1	Y_1	ΔX_1	ΔY_1
				с	с	с	с	г	г	г	г
1	0	1	0	2,22	2,20	2,10	2,17	30	2	14	0,4
2	1	1	1	2,72	2,69	2,47	2,63	44	22	20	2
3	2	1	2	2,91	3,34	3,32	3,19	65	42	29	4
4	2	2	2	2,31	2,32	2,38	2,34	70	43	17	4
5	3	1	3	3,72	3,78	3,65	3,72	89	62	38	6
6	3	2	3	2,63	2,47	2,69	2,60	87	63	21	6
7	3	3	3	2,09	2,00	1,96	2,02	78	64	15	6
8	4	1	4	4,82	4,41	4,78	4,67	140	82	60	8
9	4	2	4	3,03	2,91	2,90	2,95	112	83	25	8
10	4	3	4	2,38	2,37	2,41	2,39	110	84	18	8
11	4	4	4	2,22	2,03	2,07	2,11	114	85	18	8
12	5	1	5	5,50	5,44	5,47	5,47	192	102	81	10
13	5	2	5	3,34	3,38	3,37	3,36	145	103	32	10
14	5	3	5	2,84	2,68	2,75	2,76	147	104	24	10
15	5	4	5	2,31	2,28	2,37	2,32	138	105	19	11
16	5	5	5	2,03	2,03	2,12	2,06	136	106	17	11

Согласно выражению (2) можно выбрать координаты $Y_1 = m_1 + m_2$, $X_1 = \frac{g}{a}(m_1 - m_2)$, в которых график должен оказаться линейным: $Y_1 = X_1 - m_{эфф}$.
Формула для пересчета:

$$X_1 = \frac{g\langle t \rangle^2}{2L}(m_1 - m_2).$$

При построении графика точки №8 и №12 мы не будем использовать, так как они имеют слишком большие погрешности в сравнении с другими точками. При этом важно отметить, что в рамках крестов ошибок эти точки лежат на нашей прямой.



Найдем из графика $m_{\text{эфф}} = (15 \pm 5)$ г. Стоит отметить, что коэффициент наклона немного отличен от единицы, что можно объяснить трением в подшипнике.

Метод №2 Для определения $m_{\text{эфф}}$ можно использовать колебания. Чтобы превратить блок в физический маятник, мы можем с помощью клейкой массы приклеить большую гайку к краю блока. Расстояние от центра блока до гайки обозначим за l .

Запишем ЗСЭ, пренебрегая трением. За α обозначим малый угол отклонения от положения равновесия:

$$\frac{m_{\text{эфф}}\omega^2 r^2}{2} + \frac{M\omega^2 l^2}{2} + Mgl(1 - \cos \alpha) = \text{const}, \quad (3)$$

при этом $d\alpha = \omega dt$, $\cos \alpha \simeq 1 - \alpha^2/2$. Подставим это в выражение (3):

$$\frac{1}{2}(m_{\text{эфф}}r^2 + Ml^2)\omega^2 + \frac{1}{2}Mgl\alpha^2 = \text{const}.$$

Получилось уравнение колебаний с периодом T :

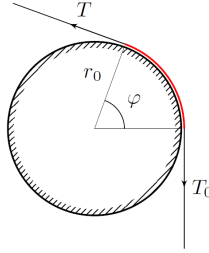
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_{\text{эфф}}r^2 + Ml^2}{Mgl}}$$

Проведем измерения: $l = (4,5 \pm 0,1)$ см, $r = (4,9 \pm 0,1)$ см. Измерим время t за, которое происходит $n = 10$ колебаний. Формула для нахождения $m_{\text{эфф}}$:

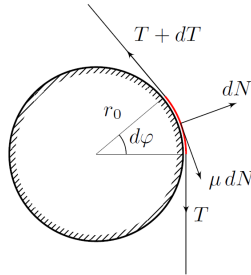
$$m_{\text{эфф}} = M \left(\frac{T^2}{4\pi^2} \frac{gl}{r^2} - \frac{l^2}{r^2} \right)$$

По данной формуле получается следующий результат: $m_{эфф} = (25 \pm 6)$ г. Результат получается немного завышенным из-за трения в подшипнике.

Рассмотрим нить, которая огибает карандаш радиуса r_0 по дуге окружности соответствующей углу φ . Пусть сила натяжения с одной стороны равна T_0 , а с другой T , причем $T_0 < T$ и $T - T_0 \ll T$.



Запишем уравнения движения нити (нить невесома). Для этого рассмотрим малый участок нити — дугу окружности соответствующую малому углу $d\varphi$ и действующие на него силы.



$$dN = T d\varphi,$$

$$\mu dN r_0 + T r_0 = (T + dT) r_0.$$

Тогда выполняется:

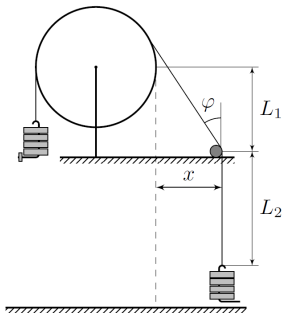
$$\mu T d\varphi = dT,$$

а учитывая, что $T - T_0 \ll T$:

$$\mu\varphi = \frac{T - T_0}{T} \quad (4)$$

Тот же результат можно получить используя предельный переход от точной формулы Эйлера $T = T_0 e^{\mu\varphi}$ в случае $T - T_0 \ll T$.

Динамический метод Зафиксируем $m_1 = 5M + 5m$, $m_2 = 5M$. При разных расстояниях x будем измерять время t , за которое меньший грузик проходит расстояние $L_2 = (66,0 \pm 0,2)$ см от пола до карандаша.



За время dt сила трения совершает работу $-(T - T_0)v dt$, поэтому из закона сохранения энергии и (4) мы получаем:

$$(m_1 + m_2 + m_{\text{эфф}})a = (m_1 - m_2)g - \frac{m_1 + m_2}{2} \mu \varphi g. \quad (5)$$

Измерим расстояние $L_1 = (47,5 \pm 0,1)$ см от карандаша до боковой поверхности блока и радиус блока $r = (4,9 \pm 0,1)$ см. В нашем случае $\text{tg}\varphi \approx x/L_1$.

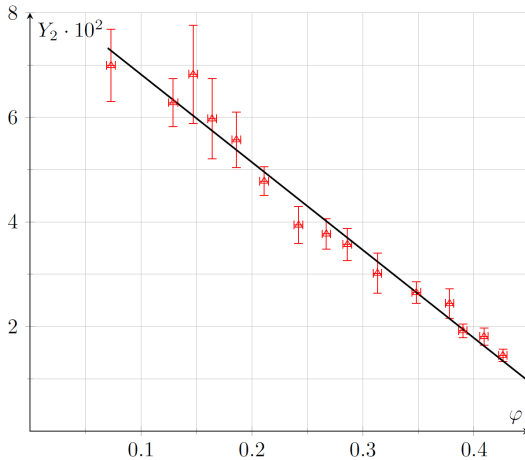
x , см	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	$\langle t \rangle$, с	φ , рад	Y_2	$\Delta\varphi$, рад	ΔY_2
3,60	2,00	2,19	2,12	2,10	0,073	0,070	0,004	0,007
22,40	4,72	4,47	4,69	4,63	0,436	0,014	0,004	0,001
19,60	3,56	3,78	3,35	3,56	0,378	0,024	0,004	0,003
17,90	3,44	3,31	3,50	3,42	0,348	0,027	0,004	0,002
16,00	3,41	2,97	3,22	3,20	0,313	0,030	0,004	0,004
14,50	2,87	3,06	2,90	2,94	0,286	0,036	0,004	0,003
13,50	2,78	2,91	2,91	2,87	0,267	0,038	0,004	0,003
12,20	2,82	2,90	2,69	2,80	0,242	0,039	0,004	0,004
10,60	2,53	2,57	2,53	2,54	0,211	0,048	0,004	0,003
9,30	2,32	2,47	2,28	2,36	0,186	0,056	0,004	0,005
8,20	2,37	2,37	2,09	2,28	0,164	0,060	0,004	0,008
7,30	2,32	2,00	2,07	2,13	0,147	0,068	0,004	0,009
6,40	2,19	2,28	2,19	2,22	0,129	0,063	0,004	0,005
20,30	4,03	4,09	3,94	4,02	0,390	0,019	0,004	0,001
21,40	4,31	4,09	4,00	4,13	0,409	0,018	0,004	0,002

Преобразуем выражение (5):

$$\left(1 + \frac{m_{\text{эфф}}}{m_1 + m_2}\right) \frac{2a}{g} = 2 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} - \mu\varphi,$$

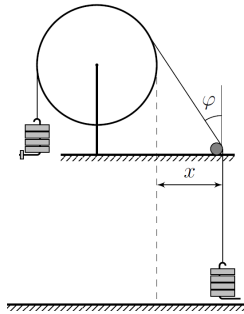
где $a = 2L_2/\langle t \rangle^2$. Построим график в координатах $Y_2 = \left(1 + \frac{m_{\text{эфф}}}{m_1 + m_2}\right) \frac{2a}{g}$ от φ . Ему соответствует линейная зависимость:

$$Y_2 = 2 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} - \mu\varphi.$$



Из графика найдем угловой коэффициент $k_2 = -\mu = -(0,17 \pm 0,02)$. Значит $\mu = (0,17 \pm 0,02)$.

Статический метод Возможен другой метод решения, точность которого хуже. Будем двигать карандаш по горизонтали, пока нить не перестанет по нему скользить, и запишем расстояние x , соответствующее этому моменту. В каждом эксперименте будем использовать $m_1 = N_6 M + m_m m + m_c$, $m_2 = N_6 M + m_c$.



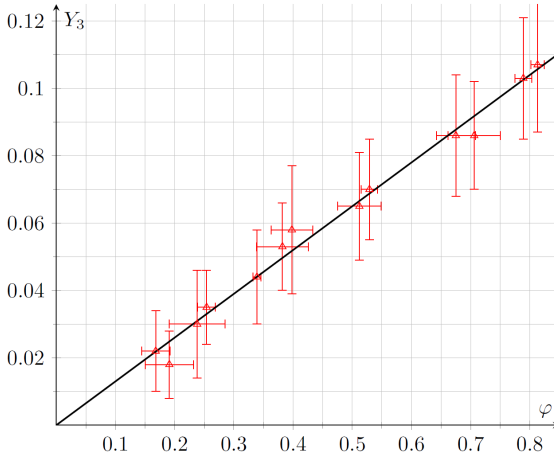
В итоге, опираясь на (4), можно написать равенство:

$$\mu \operatorname{arctg} x/L_1 = 2 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$

Построим график $Y_3 = 2 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$ от φ . Он должен оказаться линейным, проходить через точку $(0,0)$ и иметь угловой коэффициент $k_3 = \mu$. Формулы для пересчета:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \langle x \rangle / L_1, \quad \langle x \rangle = \frac{1}{3}(x_1 + x_2 + x_3)$$

N_6	N_M	x_1 , см	x_2 , см	x_3 , см	$\langle x \rangle$, см	φ , рад	Y_3	$\Delta\varphi$, рад	ΔY_3
5	1	9,9	11,1	7,6	9,5	0,19	0,02	0,04	0,01
5	1	9,9	11,1	7,6	9,5	0,19	0,018	0,04	0,010
5	2	12,1	12,9	13,4	12,8	0,25	0,035	0,01	0,011
5	3	22,0	18,1	19,4	19,8	0,38	0,053	0,04	0,013
5	4	29,1	28,1	29,4	28,9	0,53	0,070	0,01	0,015
5	5	44,6	41,6	40,2	42,1	0,71	0,086	0,04	0,016
5	6	50,6	49,1	49,7	49,8	0,79	0,103	0,01	0,018
4	1	7,2	9,1	8,9	8,4	0,17	0,022	0,02	0,012
4	2	17,8	17,3	17,2	17,4	0,34	0,044	0,01	0,014
4	3	29,2	28,2	25,8	27,7	0,51	0,065	0,04	0,016
4	4	40,6	40,4	37,6	39,5	0,67	0,086	0,03	0,018
4	5	52,7	52,3	51,5	52,2	0,81	0,107	0,01	0,020
3	1	12,3	13,9	9,8	12,0	0,24	0,030	0,05	0,016
3	2	20,9	19,1	22,3	20,8	0,40	0,058	0,04	0,019



Коэффициент наклона $k_3 = (0,13 \pm 0,04)$, значит $\mu = (0,13 \pm 0,04)$.

Задача №10-2. Необычный элемент

Прямым измерением мультиметром в режиме омметра находим сопротивление резистора, спаянного последовательно с нелинейным элементом:

$$R_0 = (2.00 \pm 0.03) \text{ кОм}$$

Включаем мультиметр в режим вольтметра, регулятор напряжения ставим в произвольное положение. Измеряем разность потенциалов между тремя выводами попарно (первой в паре указывается точка к которой подключается общий (нулевой) контакт вольтметра):

$$U_{AB} = +22.7 \text{ В}, \quad U_{AC} = 0.00 \text{ В}, \quad U_{CB} = +22.9 \text{ В}$$

Из полученных значений следует, что контакт «B» соответствует отрицательному полюсу источника постоянного тока, а контакты «A» и «C» – резисторам. Измерим одно из напряжений, подключив вольтметр последовательно с резистором R_0 :

$$U_{AB} = +22.7 \text{ В}$$

Это означает, что внутреннее сопротивление вольтметра во много раз превышает сопротивление R_0 .

Прямым измерением мультиметром в режиме омметра, подключая его к контактам «A» и «C», получаем:

$$R_1 + R_2 = 10.3 \text{ кОм.}$$

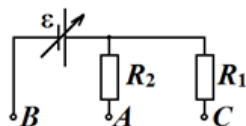
Для определения значений сопротивлений R_1 и R_2 воспользуемся схемой делителя напряжения. Подключим контакты резистора R_0 (белый к «С» и желтый к «В») и измерим напряжение $U_{CB1} = 19.21$ В. Подключим вольтметр к контактам «А» и «С». Так как сопротивление вольтметра велико, то ток через резистор R_A не течёт и показания вольтметра равны напряжению $U_{AC1} = 3.41$ В на резисторе R_C . Тогда сопротивление, подключенное к контакту «С»:

$$R_C = R_0 \frac{U_{AC1}}{U_{CB1}} = 355 \text{ Ом}$$

Подключаем контакты резистора R_0 (белый к «А» и желтый к «В») и измеряем напряжения: $U_{AB2} = 3.80$ В, $U_{AC2} = 18.90$ В. Тогда сопротивление, подключенное к контакту «А»:

$$R_A = R_0 \frac{U_{AC2}}{U_{AB2}} = 9.95 \text{ кОм}$$

Тогда $R_1 = R_C = 355$ Ом и $R_2 = R_A = 9.95$ кОм. Итак, контакт «А» – большему резистору R_2 , контакт «С» – меньшему резистору R_1 . Схема соединения приведена на рисунке 1.



Прямые измерения напряжения U_{CB} при включенном источнике дают непрерывный ряд значений от 21.9 В до 43.0 В. При выключенном источнике напряжение составляет 19.6 В. Искомый диапазон напряжений: от 19.6 В до 43.0 В.

Примечание: Часть источников постоянного тока имела некоторые конструкционные отличия, которые давали значения напряжения с почти той же верхней границей (44.0 В) и более низкими значениями нижней границы (12.7 В) и напряжения при выключенном состоянии (12.6 В).

Для измерения ВАХ подключим зеленый провод к контакту «В», а желтый к «А». Напряжение на нелинейном элементе будем измерять напрямую вольтметром. Ток через нелинейный элемент будем определять по закону Ома, измеряя напряжение на резисторе R_0 . При подаче минимального напряжения от источника (22 В) ток в цепи не течёт: вольтметр, подключенный к белому и желтому контактам (к резистору) показывает ноль на минимальной шкале. Назовем такое состояние нелинейного элемента «закрытым».

Увеличиваем напряжение источника. При достижении напряжением значения примерно $U_{AB2} = 33.0$ В появляется ток через нелинейный элемент. Такое состояние элемента будем называть «открытым». В рамках используемых терминов, полученное значение – это напряжение «открытия».

При достижении напряжения «открытия» на нелинейном элементе ток и напряжение на нем изменяются скачком. В зависимости от варианта подклю-

чения к источнику напряжение снижается до значений примерно $U_{AB} = 30$ В или $U_{CB} = 26$ В.

Начнём изменять напряжение: в определенных пределах происходят плавные изменения величин, причём падение напряжения на нелинейном элементе сопровождается ростом тока через него. Если повышать подаваемое напряжение, то эти изменения происходят до попадания ручки регулировки в крайнее положение (максимум). Если снижать напряжение, то при определенном его значении происходит обратный перескок нелинейного элемента в «закрытое» состояние.

Результаты измерений показывают, что исследуемая часть ВАХ (вольт-амперной характеристики) состоит из двух частей:

а) участок от 22 В до примерно 33 В, расположенный на оси абсцисс (напряжения). Верхняя граница может отличаться из-за статистического разброса характеристик нелинейных элементов в пределах 1 В, а также вследствие не слишком плавной регулировки напряжения.

б) плавный участок «гиперболического» характера, верхняя граница которого лежит вблизи значения напряжения 30 В, а нижняя ограничивается значением максимального тока, протекающего через нелинейный элемент. Поскольку участок достаточно плавный, без резких перепадов, то для корректного отображения достаточно 20 точек.

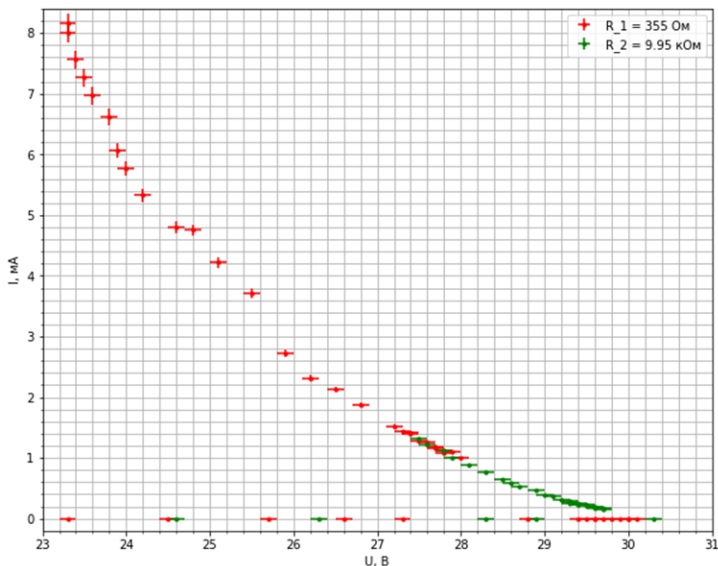
Каждый из резисторов дает свой участок ВАХ, которые, частично перекрываясь, дополняют друг друга:

— для R_1 участок существенно шире: примерно от 23 В до 28 В по напряжению и при этом от 8 мА до 1 мА по току;

— для R_2 получаем от 27.0 В до 29.5 В по напряжению и соответственно от 1.3 мА до 0.15 мА по току.

По найденным значениям строим график искомой ВАХ. Данные для зависимости с использованием R_2 приведены в качестве примера в таблице ниже.

U , В	I , мкА	U , В	I , мкА	U , В	I , мкА
22.5	0	29.6	192	29	398
22.8	0	29.5	206	28.9	468
24.6	0	29.5	222	28.7	522
26.3	0	29.4	235	28.6	592
28.3	0	29.4	239	28.5	647
28.9	0	29.4	253	28.3	771
30.3	0	29.3	260	28.1	876
29.7	170	29.3	268	27.9	1000
29.7	158	29.3	284	27.8	1114
29.6	180	29.2	313	27.6	1219



Для определения дифференциального сопротивления требуется промерить значения участка ВАХ вблизи интересующей нас точки более плотно. На исходной ВАХ зависимость плавная и достаточно качественная, но качество измерений вблизи 5 мА или плотность точек вблизи 27 В недостаточны.

а) при напряжении 27.0 В.

Данному значению соответствует два участка ВАХ. На одном из них нелинейный элемент находится в «закрытом» состоянии. В этом состоянии измерение точного значения не представляется возможным, но оно очень велико.

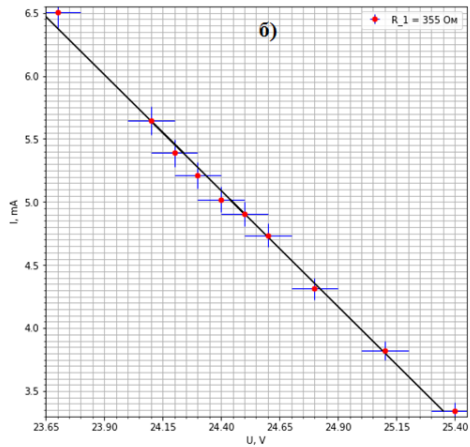
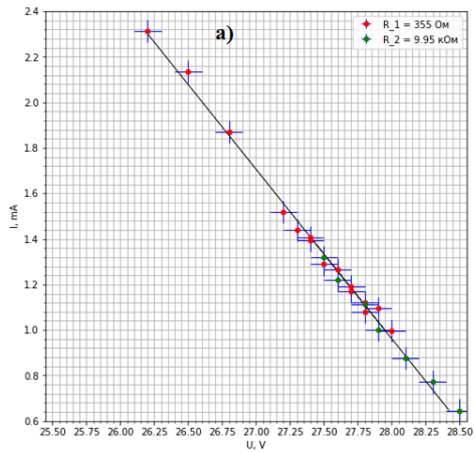
Второе значение может быть определено по измерениям двух подключений (как для R_1 , так и для R_2). Измерим дополнительно несколько значений с минимально возможным для данной шкалы (до 200 В) шагом 0.1 В. Построим отдельный график и проведем на нем касательную, угловой коэффициент которой и есть искомое дифференциальное сопротивление $\left(R_{д} = \frac{\Delta U}{\Delta I}\right)$:

$$R_{д1} = (-1.34 \pm 0.04) \text{ кОм}$$

б) при токе 5.0 мА.

Значение дифференциального сопротивления при заданном токе можно определить только по измерениям с резистором R_1 :

$$R_{д2} = (-540 \pm 10) \text{ Ом}$$



Задача Ru22-10-E1. Эффективная масса
Шифр

$\Sigma =$

	Пункт разбалловки	Балл	Наличие
1.1	M1 Теория (динамика). Запись закона сохранения энергии или законов Ньютона для грузов.	0.30	
1.2	M1 Теория. Пренебрежение вторым порядком малости в ЗСЭ или получение выражения, связывающего вращающий момент сил с эффективной массой. Если ЗСЭ записан для начального и конечного состояний в предположении равноускоренного движения (без обоснования), то за пункт ставится 0 баллов.	0.80	
1.3	M1 Теория. Вывод формулы $(m_1 + m_2 + m_{эф})a = (m_1 - m_2)g$ В методе с раскручиванием блока одним грузом $m_2 = 0$	0.30	
1.4	M1 Теория. Связь скорости или ускорения со временем и расстоянием. (например, $S = at^2/2$)	0.10	
1.5	M2 Теория (колебания). Запись закона сохранения энергии.	0.30	
1.6	M2 Теория. Приближение для $\cos(\alpha)$	0.50	
1.7	M2 Теория. Выражение для периода колебаний $T =$	0.30	
1.8	M2 Теория. Формула для нахождения $m_{эф} =$	0.40	
1.9	M1 Измерения. Схема установки или ее словесное описание.	0.50	
1.10	M1 Измерения. Точность определения пройденного пути за измеренное время. (Четкая фиксация начального и конечного положений)	0.50	
1.11	M1 Измерения. Исключение большой погрешности массы тяжелых гаек. Метод "Машина Атвуда за счет предварительного уравновешивания тяжелых гаек. Метод раскручивания блока одним грузом - исключение тяжелых гаек.	0.80	
1.12	M1 Измерения. Учет масс скрепок.	0.20	
1.13	M1 Измерения. 7 и более измерений с временами не менее 1,5с без учета выбросов.	0.60	
1.14	M1 Измерения. Учитываются только опыты с временами не менее 1,5с. Метод "Машина Атвуда количество различных используемых сочетаний тяжелых гаек. Метод раскручивания блока одним грузом - в этом и следующем пункте указывается суммарное количество точек с разными массами до 9 г.	5×0.10	
1.15	M1 Измерения. Учитываются только опыты с временами не менее 1,5с. Метод "Машина Атвуда Количество различных Δm , обеспеченных легкими гайками. Метод раскручивания блока одним грузом - в этом и предыдущем пункте указывается суммарное количество точек с разными массами до 9 г.	4×0.10	
1.16	M2 Измерения. Симметричное расположение гаек (относительно плоскости блока).	1.00	
1.17	M2 Измерения. Серия не менее 3-х измерений для периода.	0.50	
1.18	M2 Измерения. Период определяется не менее чем по 10 колебаниям	1.00	
1.19	M2 Измерения. Масса прицепленного груза не менее 10 г и не более 20 г.	0.50	
1.20	M2 Измерения. Прицепленный груз можно считать точечным.	0.50	
1.21	M1 Обработка. Линеаризованный график или МНК.	1.50	
1.22	M1 Обработка. Вычисление эффективной массы в каждом опыте с последующим усреднением.	1.00	
1.23	M1 Обработка. Плохой метод	0.00	
1.24	M1 Обработка. Удаление "выбросов".	1.00	
1.25	M2 Обработка	2.50	
1.26	Результат. $m_{эф} \in [10; 40]$ г Баллы за результат ставятся только если метод оценен >0.	2.00	
1.27	Результат. $m_{эф} \in [5; 60]$ г	0.50	
1.28	Результат. Плохое значение.	0.00	
1.29	Разумная оценка погрешности $m_{эф}$. Баллы за погрешность ставятся только если метод оценен >0.	0.50	
2.1	Теория. Рисунок с силами.	0.50	
2.2	M1 Теория (Динамика). Закон Ньютона для малого участка нити, охватывающего карандаш.	1.00	
2.3	M2 Теория (Статика). Закон Ньютона для малого участка нити, охватывающего карандаш.	0.50	
2.4	M1 Теория. Законы Ньютона для грузов.	0.50	
2.5	M2 Теория. Формула Эйлера в общем виде.	1.00	
2.6	M1 Теория. Выведена формула $\Delta T = T\mu\varphi$.	0.50	
2.7	M1 Теория. Выведена рабочая формула.	0.50	

2.8	M2 Теория. Выведена рабочая формула.	1.00	
2.9	Измерения. Схема установки или ее словесное описание.	0.50	
2.10	M1 Измерения (динамика). Фиксация всех параметров кроме 2-х.	0.50	
2.11	M1 Измерения. Уравновешивание тяжелых грузов.	0.80	
2.12	M1 Измерения. Учет масс скрепок.	0.20	
2.13	M1 Измерения. Качество метода измерения угла охвата.	0.50	
2.14	M2 Измерения (статика). Угол охвата 2π или более для метода с оборачиванием карандаша ИЛИ не менее 5 различных сочетаний масс для метода с карандашом и блоком.	1.00	
2.15	M2 Измерения (статика). Угол охвата π или более для метода с оборачиванием карандаша ИЛИ не менее 3 различных сочетаний масс для метода с карандашом и блоком.	0.50	
2.16	M2 Измерения (статика). Угол охвата менее π для метода с оборачиванием карандаша ИЛИ менее 3 различных сочетаний масс для метода с карандашом и блоком.	0.00	
2.17	M1 Измерения. 4 измерения и более без учета выбросов. Учитываются только опыты с временами не менее 1, 5с.	0.50	
2.18	M2 Измерения. Не менее 3-х повторных измерений для фиксированных масс.	1.00	
2.19	M2 Измерения. Не менее 2-х различных наборов масс.	0.50	
2.20	M1 Обработка. Линеаризованный график или МНК.	1.50	
2.21	M1 Обработка. Вычисление коэффициента трения в каждом опыте с последующим усреднением.	1.00	
2.22	M1 Плохой метод обработки.	0.00	
2.23	M2 Обработка. Наличие оценок сверху и снизу.	1.00	
2.24	M2 Обработка. Вычисление коэффициента трения.	0.50	
2.25	Результат $\mu \in [0, 1; 0, 2]$	2.00	
2.26	Результат $\mu \in [0, 05; 0, 25]$	1.00	
2.27	Результат. Плохое значение.	0.00	
2.28	Оценка погрешности.	0.50	

Задача Ru22-10-E2. Необычный элемент
Шифр

$\Sigma =$

	Пункт разбалловки	Балл	Наличие
1.3	Значение R_0 в диапазоне [1900; 2100] Ω	0.40	
1.4	Погрешность R_0	0.10	
2.1	Положение источника	0.40	
2.2	Обоснование	0.40	
2.3	Полярность источника	0.40	
2.4	Обоснование	0.30	
2.5	Положение R_1	0.40	
2.6	Обоснование	0.10	
2.7	Положение R_2	0.40	
2.8	Обоснование	0.10	
3.1	Минимальное напряжение источника	0.40	
3.2	Погрешность	0.10	
3.3	Максимальное напряжение источника	0.40	
3.4	Погрешность	0.10	
3.5	Плохой метод измерения R_1 (или метод не предложен)	0.00	
3.6	Приемлемый метод измерения R_1	0.50	
3.7	Хороший метод измерения R_1	1.00	
3.8	Значение R_1 в диапазоне [320; 400] Ω <i>Примечание. Не ставится, если за метод измерения R_1 стоит 0</i>	0.80	
3.9	Погрешность R_1 <i>Примечание. Не ставится, если за метод измерения R_1 стоит 0</i>	0.20	
3.10	Плохой метод измерения R_2 (или метод не предложен)	0.00	
3.11	Приемлемый метод измерения R_2	0.50	
3.12	Хороший метод измерения R_2	1.00	
3.13	Значение R_2 в диапазоне [9 000; 11 000] Ω <i>Примечание. Не ставится, если за метод измерения R_2 стоит 0</i>	0.80	
3.14	Погрешность R_2 <i>Примечание. Не ставится, если за метод измерения R_2 стоит 0</i>	0.20	
4.1	Указано, что есть область с нулевым током	0.20	
4.2	Присутствует точка $I = 0$, $U \geq 27.5\text{В}$	0.30	
4.3	На области с убывающей ВАХ не менее 20 точек	1.50	
4.4	На области с убывающей ВАХ не менее 15 точек, но менее 20	1.00	
4.5	На области убывающей ВАХ не менее 10 точек, но менее 15	0.50	
4.6	На области убывающей ВАХ менее 10 точек (или ВАХ отсутствует)	0.00	
4.7	Для снятия ВАХ были использованы оба варианта подключения к источнику (АВ и ВС)	1.00	
4.8	Максимальный шаг напряжений на НЭ не более 1 В при токах $I > 0.1$ мА	0.50	
4.9	Есть точка при напряжении < 25.0 В в области с убывающей ВАХ	0.50	
4.10	Есть точка при напряжении > 27.5 В в области с убывающей ВАХ	0.50	
4.11	Не менее 5 точек на диапазоне $I < 1$ мА в области с убывающей ВАХ	1.00	
4.12	График: подписаны оси	0.40	
4.13	График: масштаб	0.40	
4.14	Все точки на графике	0.40	
4.15	На график нанесена область с нулевым током	0.40	
4.16	График: кресты ошибок	0.40	
4.17	График: сглаживающая кривая	0.40	
5.1	Метод вычисления $R_{\text{дифф}}(27\text{ В})$	0.50	
5.2	Получен модуль $R_{\text{дифф}}(27\text{ В})$ в диапазоне [700; 1700] Ω <i>Примечание. Не ставится, если за метод вычисления $R_{\text{дифф}}(27\text{ В})$ стоит 0</i>	0.50	
5.3	Погрешность <i>Примечание. Не ставится, если за метод вычисления $R_{\text{дифф}}(27\text{ В})$ стоит 0</i>	0.30	
5.4	$R_{\text{дифф}}(27\text{ В}) < 0$	0.50	
5.5	Указано, что есть вторая точка при 27 В с неопределенным дифференциальным сопротивлением	0.50	
6.1	Метод вычисления $R_{\text{дифф}}(5\text{ мА})$	0.50	
6.2	Получен модуль $R_{\text{дифф}}(5\text{ мА})$ в области [300, 800] Ω <i>Примечание. Не ставится, если за метод вычисления $R_{\text{дифф}}(5\text{ мА})$ стоит 0</i>	0.50	
6.3	Погрешность <i>Примечание. Не ставится, если за метод вычисления $R_{\text{дифф}}(5\text{ мА})$ стоит 0</i>	0.30	
6.4	$R_{\text{дифф}}(5\text{ мА}) < 0$	0.50	